基于 Revit 的网架参数化建模

Parameterized modeling of Grid structure based on Revit

董爱平[1]，王海涵[1]，李国杰[1]，仲伟秋[2]

（[1]中国汽车工业工程有限公司， 天津 300113；[2]西安工程大学，西安 710048）

DONG Ai-Ping[1],WANG Hai-Han[1], LI Guo-Jie[1],ZHONG Wei-Qiu[2]

（China Automotive Engineering Corporation, Tianjin 300113; Xi' An Polytechnic University, Xi'An710048,China）

【摘要】：目前 Revit 对于网架结构的建模存在很大问题。常规手动建模的方式几乎难以完成，而采用体量建模，所有的网架球和杆件类型相同，不符合工程实际。为了解决这一难题，本文分别研究了 Revit Extensions 和 Dynamo 软件进行网架结构的建模解决方法，重点介绍了可视化编程工具 Dynamo 在 Revit 自动建模上的应用。对于设计人员，Dynamo 参数化编程工具相对容易掌握。本文编制的 Dynamo 程序，通过读取网架数据，能自动生成精确的网架模型，网架球和杆件的尺寸及定位与实际情况相符，提高了建模效率和模型质量。

【Abstract】: At present, Revit has great problems in the modeling of grid structure. The conventional manual modeling approach is almost impossible to complete. With the conceptual mass, all the grid ball and bar types are the same, don't meet the actual engineering. In order to solve this problem, this paper studies the modeling method of grid structure with Revit Extensions and Dynamo software respectively, and the application of visual programming tool Dynamo in Revit automatic modeling is mainly introduced. For designers, Dynamo parameterization tool is relatively easy to master. The Dynamo program developed in this paper can automatically generate an accurate grid structure model by reading data of grid structure. The size and location of the grid ball and bar are consistent with the actual situation, and the efficiency of modeling and the quality of the model are improved.

【关键词】：Revit；Dynamo；参数化；网架结构

【Keywords】：Revit; Dynamo; Parameterization; Grid structure

中图分类号：TU391　　文献标识码：A　　文章编号：

前言

BIM 模型的创建是一个参数化的设计过程，构件通过调整参数进行参变，衍生成设计模型。参数化设计是 BIM 建模软件的一个重要核心思想，因此软件的参数化能力是衡量一款 BIM 软件实用性最为重要的标准之一。在目前国内外的主流 BIM 软件中，Autodesk 公司的 Revit 拥有非常强大的参数化设计能力，Revit 通过族能参变生成各式各样的构件。

然而现阶段 Revit 也并没有专门的模块来创建空间网架结构模型。网架结构由网架球和杆件组成，通常模型构件数量巨大，即使是一般规模的小网架项目也包含成百上千个网架球和杆件。同时，实际项目中网架球的大小和杆件的类型没有规律，所以通过常规的手工建模几乎是难以完成的。如果采用 Revit 的概念体量创建网架，其网架球的大小和杆件的规格类型均相同，与工程项目实际不相符，难以保证网架模型的精度和质量。在网架的结构计算软件中，网架模型是自动生成的，同理也可以在 Revit 上采用二次开发的手段，编写自动创建网架的插件来实现。但是对于编程经验不足的设计人员来说，二次开发困难较大，因此探索其他相对易于掌握的方法，非常迫切。

在此情况下，本文研究探索了两个方案来解决 Revit 空间网架建模的问题。介绍了 Revit Extensions 插件基于 Excel 生成模型的方法，重点阐述了采用 Dynamo 程序实现网架自动建模的解决方案。希望本文介绍的 BIM 项目实践能为同行提供一些参考。

1　Revit 网架建模准备工作

Revit 建模依赖于族构件，因此首先需要建立网架结构用的 Revit 网架族。网架结构由网架球、上弦杆、下弦杆和腹杆组成，网架的杆件有螺栓连接和焊接，为了方便使用，利用 Revit 强大的族功能，将杆件做成一个可以通用的族构件。经 Revit 族的构思，本文建立的网架球和网架杆件两种族即可满足网架构件的多样性。

1.1　网架球

网架球族，Revit 的构件类别为结构柱，使用的是结构柱的族样板，球中心锁定在底标高上，主要控制参数为球直径，如图 1 所示为网架球族模型。

~~完成日期：2018-02~~

作者简介：董爱平(1986-)，男，硕士，工程师。研究方向：BIM 综合应用。~~E-mail：dongaiping @chinaaie.com.cn.~~

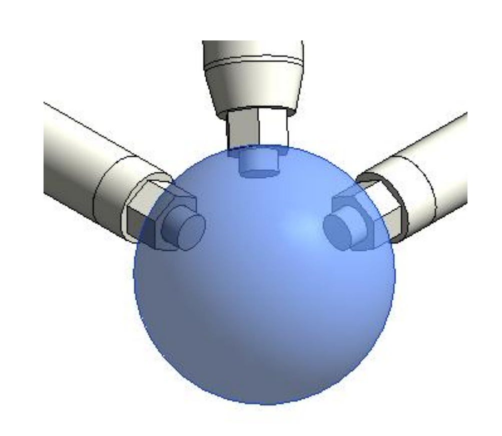


图 1 网架球族

1.2 网架杆件

网架杆件族，Revit 的构件类别为结构框架，使用的是结构框架的族样板。将杆件锥头、封闭和焊接三种连接节点情况整合成一个通用的族，通过参变可以变化成相应的网架杆件族。网架杆件族的主要控制参数为杆件直径、杆件壁厚、网架球的直径、杆端的连接形式等，如图 2 所示为网架杆件族及杆端的细部构造，与实际情况相符。

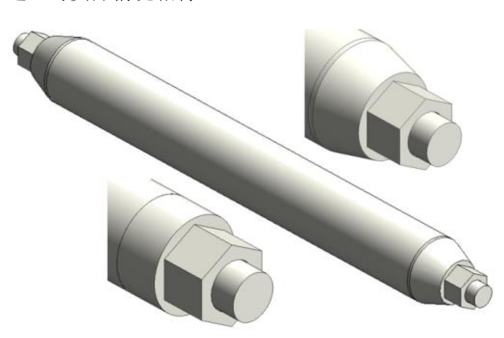


图 2 网架杆件及杆端细部

2 基于 Revit Extensions 的解决方案

Revit Extensions 提供一一基于 Excel 生成模型的工具，通过该工具可以读取网架的 excel 数据自动生成网架模型。此处注意，该工具并非存在于所有的 Revit 版本，其中 2013、2016 版有此模块。

如图 3 所示，“基于 Excel 生成模型”，打开后见图 5 模型生成器的数据输入界面。该工具只能生成以下 5 种 Revit 图元：标高、结构柱、梁、墙、基础。因此按照 Revit 类别，本文将网架球定为结构柱类别，网架杆件定为结构框架类别（梁）。

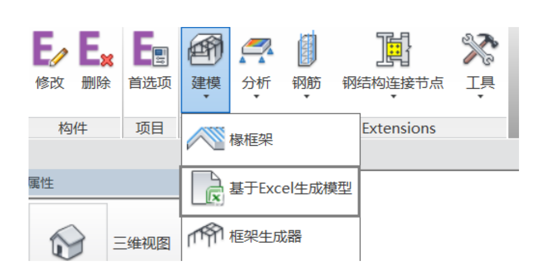


图 3 Extensions 工具

使用该工具创建网架主要需要解决的是，网架球节点和杆件的坐标数据处理。具体的解决思路：

（1）从网架计算软件中导出 DAT 文本的网架数据，如图 4 所示，该数据为 MST(浙江大学空间结构计算软件)和 AMDE（中国汽车工业工程有限公司网架结构计算软件）的 DAT 网架数据格式，这两款软件可以直接另存为 DAT 格式网架数据；该数据格式记录了网架球节点坐标、球直径、网架杆件两端的球节点编号、杆件规格等等。

（2）处理 DAT 文本获取节点球和杆件的坐标、尺寸类型等数据；根据 Revit Extensions 模型生成器的 Excel 数据格式，需要的是网架球和杆件的尺寸规格和坐标点，此数据从 DAT 文本中批量整理得到，此处不再赘述。

（3）将处理的数据输入到基于 Excel 的模型生成器中，如图 5 所示。

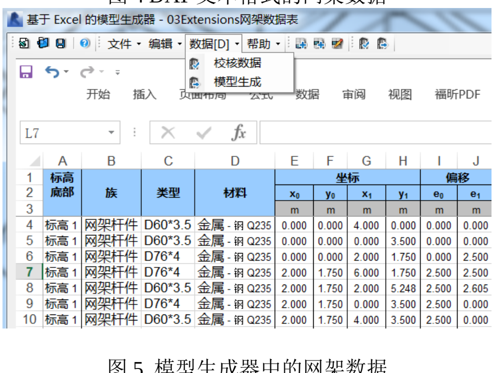
（4）校核数据；此为 Revit Extensions 模型生成器的功能，用于校核数据格式的正确性，避免模型生成过程中出错。（5）模型生成；（6）完成。



文件(F) 编辑(E) 格式(O) 查看(V) 帮助(H)

```
The Da  ta File of   MSTC   AD   Ver   0.2003
300  1092  2  3  1  0  240  1  0  0  1  1
15   15    6  0
1    0  0  1  2  2  2  0   0     0
2    0  0  0  0  0  0  2   1.75  -2.5
3    0  0  0  0  0  0  4   0     0
4    0  0  0  0  0  0  6   1.75  -2.5
5    0  0  1  2  2  2  8   0     0
6    0  0  0  0  0  0  10  1.75  -2.5
7    0  0  0  0  0  0  12  0     0
8    0  0  0  0  0  0  14  1.75  -2.5
9    0  0  1  2  2  2  16  0     0
10   0  0  0  0  0  0  18  1.75  -2.5
11   0  0  0  0  0  0  20  0     0
12   0  0  0  0  0  0  22  1.75  -2.5
13   0  0  1  2  2  2  24  0     0
14   0  0  0  0  0  0  26  1.75  -2.5
15   0  0  0  0  0  0  28  0     0
16   0  0  0  0  0  0  30  1.75  -2.5
17   0  0  1  2  2  2  32  0     0
```

图 4 DAT 文本格式的网架数据



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	标高底部	族	类型	材料	坐标				偏移	
2					x_0	y_0	x_1	y_1	e_0	e_1
3					m	m	m	m	m	m
4	标高 1	网架杆件	D60*3.5	金属 - 钢 Q235	0.000	0.000	4.000	0.000	0.000	0.000
5	标高 1	网架杆件	D60*3.5	金属 - 钢 Q235	0.000	0.000	0.000	3.500	0.000	0.000
6	标高 1	网架杆件	D76*4	金属 - 钢 Q235	0.000	0.000	2.000	1.750	0.000	2.500
7	标高 1	网架杆件	D76*4	金属 - 钢 Q235	2.000	1.750	6.000	1.750	2.500	2.500
8	标高 1	网架杆件	D60*3.5	金属 - 钢 Q235	2.000	1.750	2.000	5.248	2.500	2.605
9	标高 1	网架杆件	D76*4	金属 - 钢 Q235	2.000	1.750	0.000	3.500	2.500	0.000
10	标高 1	网架杆件	D60*3.5	金属 - 钢 Q235	2.000	1.750	4.000	3.500	2.500	0.000

图 5 模型生成器中的网架数据

3 基于 Dynamo 的可视化编程方案

3.1 Dynamo 网架建模思路

Dynamo 是一款可视化编程软件，能独立运行或者运行于 Revit 上。通过基于节点的可视化编程界面，Dynamo 可以极大地提升 Revit 的参数化设计能力，实现计算式设计模型或者其它自动化处理过程。Dynamo 可以在 BIM 环境（Revit 平台）中自动处理运算，并且与 Revit 进行实时的交互。同时最为重要的是，对于没有编程基础的设计人员来说，Dynamo 相对容易上手掌握，可以让设计师灵活使用 Revit 的参数化设计，丰富 BIM 模型，极大提升模型的应用效率。

运用 Dynamo 创建网架模型，主要需要解决三个技术难点：

（1）如何读取标准格式的 DAT 格式的网架数据；

（2）获取 DAT 数据转换为 Dynamo 中的坐标点；

（3）Dynamo 中根据坐标点和三维线，如何生成网架球和网架杆件。

Dynamo 网架建模的流程，如图 6 所示。

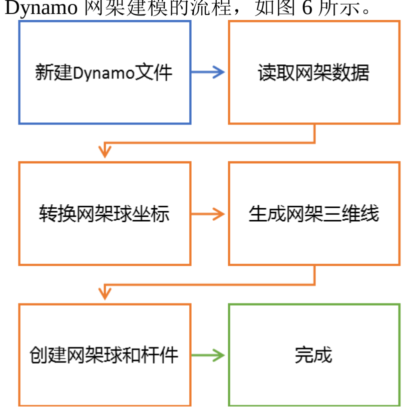


图 6 Dynamo 网架建模流程

3.2 建模的主要 Dynamo 节点

Dynamo 中的每个命令块称为节点，每个节点自动运算实现数据的处理、运算、获取数据以及创建图元等各种功能。本文编写的 Dynamo 网架建模程序需要用到的部分主要节点介绍如下：

（1）File Path。允许用户选择本电脑上的文件以获得其文件名；此节点用于用户打开本机上的 DAT 网架数据文件，程序将读取该文件路径，并获取该文件名。

（2）File.FromPath。从路径创建文件对象；此节点读入【File Path】节点的文件路径，并向下一节点输出文件对象。

（3）Excel.ReadFromFile。从 Excel 表格中读取数据；此节点读入【File.FromPath】节点的 Excel 文件对象，同时需要输入该文件对象中“工作表名称”，并向下一节点输出 Excel 文件的数据。

（4）List.GetItemAtIndex。返回给定列表中的项；此节点读入上一节点的 Excel 数据列表，输入要提取数据列表的项次，输出该项次的数据。

（5）List.DropItems。删除列表中某些项；此节点用于删除数据列表中的多余项。

（6）Point.ByCoordinates。通过给定的 3 个笛卡尔坐标形成一个点；此节点输入 X、Y、Z 三个坐标值，输出坐标点，此处坐标值为列表，输出的坐标点也相应为列表。

（7）Line.ByStartPointEndPoint。在输入的两点之间创建一条线；此节点输入起点和终点的坐标点，输出创建线段。

（8）FamilyType.ByFamilyNameAndTypeName，根据族名称和类型名称选择族类型；此节点输入族名称和类型名称，向下一节点输出该族类型。

（9）StructuralFraming.ColumnByCurve，创建柱；此节点输入线、标高及柱族类型，输出创建结构柱模型，此处是生成了网架球。

（10）StructuralFraming.BeamByCurve，创建梁。此节点输入线、标高及结构框架族类型，输出创建结构梁模型，此处是生成了网架杆件。

以上介绍详细用法请参见 3.3 节 Dynamo 程序的运行，给出了网架杆件的创建过程。

3.3 Dynamo 程序的运行

Dynamo 程序的运行是将 Dynamo 的各个节点连接在一起，形成的完整电池图即能实现相应的功能。上一节中节点 1 到 6 用于处理网架数据的坐标点，如图 7 和图 8 所示。节点 7 到 10 用于生成直线路径，并创建网架球和网架杆件，如图 9 所示为创建网架杆件的节点电池图。

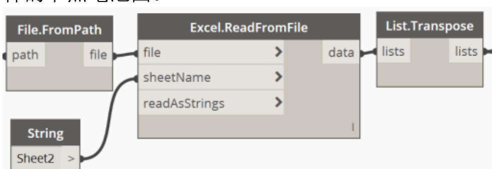


图 7 读取网架的原始坐标数据

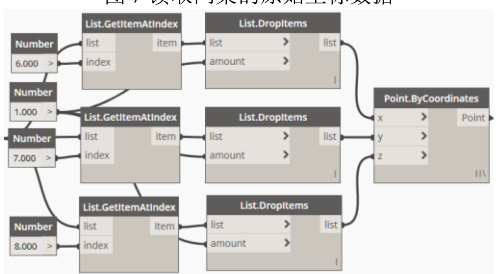


图 8 将 3 个坐标值形成坐标点

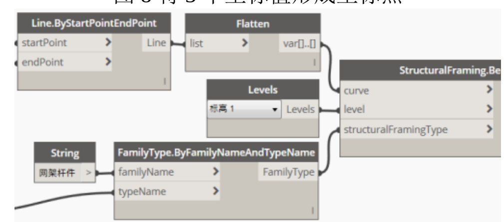


图 9 创建网架杆件

4 工程实例

本工程为某汽车工业厂房，该项目为 EPC 总承包项目，业主对于该项目定位高要求严。从项目的方案阶段就使用了 BIM 技术，借助 BIM 的可视化在方案探讨交流中提高了方案评审的效率。在设计阶段创建了设计 BIM 模型，通过 Dynamo 创建 Revit 网架结构模型，提高了建模效率，网架尺寸和定位均与实际相符，提高了碰撞检查的精确度，同时辅助出图提高了图纸质量。

本项目为四角锥空间网架结构，网架平面尺寸为 32m×51m，失高 2.5m，屋面设置 3%找坡。采用空间结构设计软件 MST 和 AMDE 分别进行计算，网架球数量 300 个，球类型 4 种，网架杆件数量 1092 个，杆件类型 6 种。如果采用常规的手工建模方式，将需要大量的时间且难以保证建模的准确性和模型的精度。通过 Dynamo 编写的程序，能自动参数化建模，整个网架结构的创建过程不到 5 分钟即完成，而且网架球和杆件均与实际情况一致，不仅保证了模型质量，同时节约了大量的建模时间。完成后的网架模型如图 10 所示。

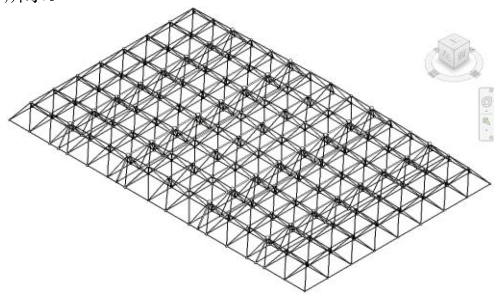


图 10 网架模型

5 总　结

本文研究了运用 Revit Extensions 模型生成器和基于 Dynamo 可视化编程来创建 Revit 的网架结构模型，解决了 Revit 网架建模的难题。通过在某汽车工业厂房中的项目实践，验证了这两种方法的可行性，取得了良好的应用效果。得出以下结论：

（1）运用 Revit Extensions 模型生成器能创建网架模型，并且网架球和杆件与实际情况一致，但是由于该插件要求的数据格式与原始数据格式差别较大，因此需要处理数据。同时该插件运行的稳定性有待提高，容易崩溃。

（2）借助 Dynamo 可视化编程工具，能自动生成网架模型，网架尺寸与实际情况相符，且建模效率很高，提高了模型的精度和质量，减少了网架建模的时间。

（3）与二次开发相比，对没有编程经验的设计人员，Dynamo 相对容易掌握，能解决复杂形体和复杂功能的参数化设计，参数化几何形体可直接转换成 Revit 构件。

（4）本文的研究给出了 Revit 网架建模的解决方案和具体操作方法，经工程项目论证具有实际应用价值。

Formatted: Indent: First line: 2 ch

参考文献:

[1] 欧特克软件（中国）有限公司构件开发组.《Autodesk Revit Structure 2012 运用宝典》[M].上海:同济大学出版社. 2012.

[2] 欧特克软件（中国）有限公司构件开发组.《Autodesk Revit 2013 族达人速成》[M].上海:同济大学出版社. 2013.

[3] 徐鹏,白玉星,高建岭.基于 REVIT 的网架自动化建模[J].《土木建筑工程信息技术》. 2017,9 (4):52-56.

[4] 吴生海,刘陕南,刘永晓,徐骋.基于 Dynamo 可视化编程建模的 BIM 技术应用与分析[J].《工业建筑》. 2018 (2).

[5] 薛忠华,谢步瀛.Revit API 在空间网格结构参数化建模中的应用[J]. 《计算机辅助工程》.2013,22 (1):58-63.

[6] 王国兴,蔡东明,许志宏,杨冰.市政工程箱形截面结构的 Revit 快速建模方法《市政技术》[J].2018 (1):68-70.